"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

# اثر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط آب و هوایی شمال خوزستان

# Effect of deficit irrigation on seed yield and oil fatty acids composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under weather conditions of North Khuzestan in Iran

داود امیدی‌نسب[۱]، موسی مسکرباشی[۲] و افراسیاب راهنما قهفرخی[۳]

## چکیده

**امیدی‌نسب، د.، م. مسکرباشی و ا. راهنما قهفرخی.** اثر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط آب و هوایی شمال خوزستان. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۳): ۲۵۷ -۲۴۱.**

**به‌منظور ارزیابی واکنش صفات عملکردی و ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام امیدبخش آفتابگردان به کم‌آبیاری در شرایط آب و هوایی خوزستان، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو عامل شامل آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ درصد (آبیاری کامل؛ شاهد) و کم‌آبیاری بر اساس تخلیه ۷۰ و ۹۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در کرت‌های اصلی و ارقام آفتابگردان شامل ارقام اسکار، فلیکس، شکیرا، ساوانا، لاباد و مونالیزا در کرت‌های فرعی، در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد انجام شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات عملکردی و محتوای اسیدهای چرب روغن آفتابگردان نسبت به آبیاری کامل، معنی‌دار بود. کم‌آبیاری ۹۰ درصد، باعث کاهش ۳۶، ۲۴، ۳۷، ۵۰ و ۱۱ درصد در وزن هزار دانه، محتوای روغن دانه، عملکرد روغن، عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به آبیاری کامل شد. محتوای پروتئین دانه در تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد با ۱۹/۷ درصد، بیشترین مقدار را داشت و با افزایش شدت کم‌آبیاری، محتوای پروتئین دانه کاهش یافت. رقم اسکار در تیمار آبیاری کامل با میانگین عملکرد دانه ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد با میانگین عملکرد دانه ۲۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه را داشتند. رقم اسکار با میانگین ۱۶۱۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم شکیرا با میانگین ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد روغن را داشتند. نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در تیمارهای کم‌آبیاری روند کاهشی داشت. در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد محتوای اسیدهای چرب اسید پالمیتیک و اسید استئاریک ۸/۳۲ و ۴/۵۰ درصد و اسید اولئیک و اسید لینولئیک ۳۴/۰ و ۴۴/۸ درصد بودند. بر اساس نتایج این آزمایش ارقام آفتابگردان فلیکس و لاباد با توجه به برتری عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری، به‌عنوان ارقام مناسب برای شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش شناخته شدند.**

**واژه‌های کلیدی: آبیاری، آفتابگردان، اسیدهای چرب، روغن دانه و عملکرد دانه**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانش‌آموخته دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (مکاتبه کننده، Davoudomidinasab@gmail.com ✉)
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

# Effect of deficit irrigation on seed yield and oil fatty acids composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under weather conditions of Khuzestan in Iran

**Omidinasab, D.[1], Meskarbashee, M.[2] and Rahnama Ghahfarokhi, A.[3]**

## ABSTRACT

**Omidinasab, D., Meskarbashee, M., and Rahnama Ghahfarokhi, A. 2025.** Effect of deficit irrigation on seed yield and oil fatty acids composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under weather conditions of Khuzestan in Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences. 26(1): 241-257. (In Persian).**

**Introduction:** Sunflower as an oilseed crop is usually cultivated in a wide range of climatic conditions ranging from temperate to tropical and semi-arid regions. Seed yield and quality of sunflower is affected by the water deficit caused by climate change. Fatty acid composition of sunflower seeds depend on many factors including; genotype and weather conditions of the growing season. Oleic and linoleic acids are the most important unsaturated fatty acids, contributing more than 80% of total fatty acid content in sunflower oil (Díaz *et al*., 2012). Water deficit affect seed yield and oil quality characteristics of sunflower (Totsky and Lyakh, 2015). The high percentage of linoleic acid increases the quality of sunflower oil. Therefore, the current study aimed to investigate the changes in the chemical composition of sunflower oil under deficit irrigation conditions.

**Materials and Methods:** The experiment was carried out as split plot arrangements in randomized complete block design with three replications in 2019-2020. The experimental site was located Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Dezful, Iran. Main plots consisted of three irrigation regimes including; full irrigation (control), moderate and severe deficit irrigation (50, 70 and 90% of available soil moisture, respectively), and sub plots consisted of six sunflower cultivars including; Oscar, Felix, Shakira, Savana, Labad and Monaliza.

**Results:** The results showed that deficit irrigation had significant effect on seed yield and related traits and fatty acid composition of sunflower oil in comparision with control. At 90% level of deficit irrigation thousand seed weight, seed oil content, seed yield, oil yield, and harvest index decreased by 36, 24, 37, 50 and 11%, respectively in comparison with control. The highest seed protein content was 19.7% at 70% level of deficit irrigation. Oscar cultivar in control and cv. Shakira in 90% level of deficit irrigation showed the highest and lowest seed yield (5340 and 2670 $kg.ha^{-1}$, respectively). Oscar cultivar maintained the highest oil yield (1610 $kg.ha^{-1}$) while cv. Shakira had the lowest oil yield (900 $kg.ha^{-1}$). Labad cultivar maintained the highest seed yield in 70% and 90% levels of deficit irrigation (4410 and 4280 $kg.ha^{-1}$, respectively) when compared with control. Fatty acids composition of oil in sunflower cultivars, using gas chromatography method, identified four fatty acid compounds,, which included two saturated fatty acids: palmitic acid ($C_{16}$:0) and stearic acid ($C_{18}$:0), a mono-unsaturated fatty acid including oleic acid ($C_{18}$:1) and a poly-unsaturated fatty acid, linoleic acid ($C_{18}$:2), with a total of 96.6, 93.2 and 91.7% in the control, 70 and 90% levels of deficit irrigation, respectively. The results showed that, in the 90% level of deficit irrigation, palmitic and stearic fatty acids increased (by 17.6 and 25%, respectively) and oleic and linoleic fatty acids decreased (by 11.1 and 6.69, respectively). Among the sunflower cultivars, the highest Stearic acid (4.41%), oleic acid (42.6%) and linoleic acid (50.0%) contents were measured in cv. Oscar, cv. Savana and cv. Felix, respectively.

**Conclusion:** There was significant reduction unsaturated: saturated fatty acids under deficit irrigation levles when compared to control. Felix and Labad sunflower cultivars showed the lowest reduction in seed yield under water deficit conditions and identified as the suitable cultivars for weather conditions of the experiment site.

**Key words**: Fatty acids, Irrigation, Seed oil content, Seed yield and Sunflower

**Received: April, 2024** **Accepted: September, 2024**

1. Former PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(Corresponding author, ✉ Davoudomidinasab@gmail.com)
2. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

**مقدمه**

آفتابگردان گیاه زراعی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با آب و هوای خشک تا نیمه خشک بوده و اغلب در اراضی خشک همراه با آبیاری تکمیلی کشت می‌شود (Pekcan *et al*., 2015). سالانه حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد از روغن خوراکی مورد نیاز جهان از آفتابگردان تامین می‌شود (Coriolano *et al*., 2014). روغن دانه آفتابگردان ۴۰ تا ۴۵ درصد و حاوی ۹۸ درصد تری آسیل گلیسرول بوده و باقیمانده آن شامل اسیدهای چرب آزاد، فسفولیپیدها و بخش غیرقابل تصفیه (Andrianasolo *et al*., 2016)، فاقد کلسترول است و کیفیت بالایی دارد. روغن آفتابگردان به‌دلیل دارا بودن مقادیر فراوان اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید لینولئیک و اسید اولئیک به‌طور گسترده در تغذیه انسان استفاده می‌شود (Safavi *et al*., 2011). روغن آفتابگردان حاوی ۴۸ تا ۷۴ درصد اسید لینولئیک و ۱۴ تا ۳۹ درصد اسید اولئیک است (Díaz *et al*., 2012).

آفتابگردان سازگاری بالایی به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی داشته و در بسیاری از نقاط جهان می‌توان آن را دو بار در سال کشت کرد (Qayyum *et al*., 2017). آفتابگردان قابلیت کشت بهاره و تابستانه در مناطق سرد و معتدل و کشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیری را دارد، بنابراین افزایش سطح زیر کشت آن می‌تواند با تأمین بخشی از نیاز روغن خوارکی کشور، نقش زیادی در خودکفایی تولید روغن ایفا کند (Ghaffari *et al*., 2018). در سال‌های گذشته به‌دلیل دیررس بودن ارقام قدیمی و مشکل بودن تهیه بستر و کاشت گیاه بهاره بعدی، امکان زراعت آفتابگردان به‌صورت کشت دوم زمستانه در مناطق شمالی استان خوزستان وجود نداشت، ولی با توجه به معرفی هیبریدهای پرمحصول جدید با ویژگی زودرسی مانند فلیکس، ای‌اس شکیرا، اسکار، ای‌اس ساوانا، لاباد و مونالیزا، امکان استفاده از زراعت آفتابگردان به‌عنوان کشت دوم در این مناطق فراهم شده است. در کشت بهاره آفتابگردان احتمال وقوع تنش گرما در دوره گل‌دهی و تنش خشکی در طول دوره رشد وجود دارد که باعث کاهش شدید عملکرد دانه و روغن دانه و تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن می‌شوند (Debaeke *et al*., 2017). گزارش شده است که کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه آفتابگردان تا حد تا ۵۰ درصد می‌شود (Totsky and Lyakh, 2015; Maghsoudi *et al*., 2019). در نتایج برخی از تحقیقات، کاهش ۱۶ درصدی وزن هزار دانه آفتابگردان در شرایط کم‌آبی گزارش شده است (Kaya and Kolsarici, 2011). کاهش ۱۲ درصدی وزن هزار دانه در شرایط کم‌آبی نسبت به آبیاری کامل (Hamzei *et al*., 2017) و همچنین کاهش تا ۵۰ درصد وزن هزار دانه در شرایط مشابه گزارش شده است (Safavi, 2020). شاخص برداشت آفتابگردان نیز از جمله صفاتی است که تحت تأثیر کمبود آب قرار گرفته و در نتایج حاصل از برخی از پژوهش‌ها، به کاهش ۲۰ تا ۳۵ درصدی شاخص برداشت در اثر تنش کمبود آب اشاره شده است (Allaf and Shokoohfar, 2015; Soleymani *et al*., 2016). نتایج یک آزمایش نشان داد که تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت مورد استفاده خاک در مقایسه با تیمارهای ۵۰ و ۶۰ درصد، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و روغن دانه آفتابگردان شد (Tahramooz and Ghalavand, 2018). گزارش شده است که کم‌آبی در مراحل مختلف فنولوژیک، باعث کاهش بیش از ۶۰ درصد عملکرد روغن دانه (Mehrpouyan *et al*., 2010) و افزایش هفت درصدی پروتئین دانه آفتابگردان (Hamzei *et al*., 2017) شد. در نتایج برخی از آزمایش‌ها نیز گزارش شده است که پروتئین دانه در شرایط کمبود آب نسبت به آبیاری کامل ۳۳ درصد افزایش داشت، اما با ادامه کم‌آبی، محتوای پروتئین دانه کاهش پیدا کرد (Alahdadi *et al*., 2011). ویژگی‌های روغن دانه بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن داشته و نسبت

اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع ارتباط معنی‌داری با کیفیت و ارزش غذایی آن دارد که در صنایع غذایی حائز اهمیت زیادی است.

اسیدهای چرب اصلی روغن آفتابگردان عبارتند از اسید پالمیتیک ($C_{16}$:0)، اسید استئاریک ($C_{18}$:0)، اسید اولئیک ($C_{18}$:1;9) و اسید لینولئیک ($C_{18}$:2;9,12) (Anastasi *et al*., 2010). با در نظر گرفتن نیاز کشور به واردات روغن‌های گیاهی و با وجود کاهش سطح زیر کشت آفتابگردان در سال‌های اخیر، به‌دلیل سازگاری این گیاه به شرایط آب و هوایی ایران، افزایش مجدد سطح زیر کشت آن دور از انتظار نیست، بنابراین آزمایش حاضر با هدف ارزیابی صفات عملکردی و ترکیب اسیدهای چرب ارقام جدید آفتابگردان در شرایط کم‌آبیاری به‌منظور شناسایی ارقام مناسب برای شرایط آب و هوایی شمال خوزستان اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹ – ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای پژوهش نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متر)

Table 1. Chemical and physical properties of the soil at the experiment site (soil depth 0-40 cm)

| نیتروژن $N_{Total}$ | فسفر P | پتاسیم K | آهن Fe | روی Zn | کربن آلی O.C. (%) | بافت خاک Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (mg.kg$^{-1}$) | | | | |
| 810 | 11 | 131 | 2.4 | 0.7 | 0.75 | لومی رسی سیلتی Silty Clay Loam |

Table 1. Continued — جدول ۱- ادامه

| جرم مخصوص ظاهری Bulkdensity (g.cm$^{-3}$) | رطوبت حجمی Volumetric water content: نقطه پژمردگی دائم PWP (%) | ظرفیت زراعی FC (%) | pH | هدایت الکتریکی EC (dS.m$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| 1.61 | 17.9 | 33 | 7.64 | 1.3 |

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۳۹۹– ۱۳۹۸)

Table 2. Meteorological information of the experiment site (2019-2020)

| سال Year | Month | ماه | بارندگی Rainfall (mm) | میانگین دما Mean temp. (°C) | رطوبت نسبی RH (%) | بیشینه سرعت باد Max. wind velocity (m.s$^{-1}$) | ساعات آفتابی Total sunny hours | روزهای بارانی No. rainy days | تبخیر ماهانه Monthly evaporation (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۸ 2019 | Feb. | اسفند | 120.4 | 17.3 | 71.8 | 14 | 192.6 | 10 | 84.9 |
| ۱۳۹۹ 2020 | Mar. | فروردین | 45.2 | 20 | 64.9 | 18 | 218.5 | 6 | 124.5 |
| | Apr. | اردیبهشت | 5.9 | 27 | 45.6 | 22 | 239 | 2 | 224.1 |
| | May | خرداد | 0 | 34.2 | 27.5 | 12 | 328.7 | - | 386.1 |
| | Jun. | تیر | 0 | 36 | 27.46 | 12 | 328.7 | - | 386.12 |

Source: Meteorological Station of of Safiabad (Dezful) — مأخذ: ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد (دزفول)

تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری به عنوان عامل اصلی (A) در سه سطح شامل: آبیاری کامل بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک ($A_1$) (شاهد) و کم‌آبیاری به‌ترتیب بر اساس تخلیه ۷۰ ($A_2$) و ۹۰ ($A_3$) درصد رطوبت قابل استفاده خاک (به‌ترتیب متوسط و شدید) و ارقام آفتابگردان به عنوان عامل فرعی (B) در شش سطح شامل اسکار ($B_1$) (شاهد متداول منطقه)، فلیکس ($B_2$)، ای‌اس شکیرا ($B_3$)، ای‌اس ساوانا ($B_4$)، لاباد ($B_5$)، و مونالیزا ($B_6$)) بودند. کلیه ارقام آفتابگردان از نوع هیبرید سینگل کراس هستند که ویژگی‌های آن‌ها نیز در جدول ۳ ارائه شده است. رقم لاباد با پوست دانه سفید رنگ و روغن کمتر و پروتئین بالای دانه، عمدتا به‌عنوان خوراک پرندگان استفاده می‌شود.

جدول ۳- ویژگی‌های ارقام آفتابگردان مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Characteristics of sunflower cultivars used in the experiment

| Sunflower cultivars | ارقام آفتابگردان | طول دور رویش Growth duration (day) | ارتفاع بوته Plant height (cm) | قطر طبق Head diameter (cm) | وزن هزار دانه 1000 seed weight (g) | روغن دانه Seed oil content (%) | عملکرد دانه Seed yield ($t.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oscar | اسکار | 118-133 | 163-205 | 14-19 | 33-44 | 45-49 | 1632-4917 |
| Felix | فلیکس | 118-133 | 165-201 | 14-18 | 31-48 | 46-49 | 1951-4806 |
| Shakira | شکیرا | 104-125 | 144-185 | 13-18 | 31-53 | 45-48 | 1631-4105 |
| Savana | ساوانا | 118-133 | 165-196 | 13-17 | 31-44 | 49-51 | 1948-4618 |
| Labad | لاباد | 118-133 | 166-209 | 11-18 | 32-65 | 39-45 | 1895-5810 |
| Monaliza | مونالیزا | 104-125 | 139-185 | 11-18 | 38-50 | 48-50 | 2832-4232 |

Source: Shahid Rajaei Company of Dezful

مأخذ: شرکت شهید رجائی دزفول

کاشت بذرهای ارقام آفتابگردان در تاریخ بیست و سوم اسفند ۱۳۹۸ به‌صورت دستی، با فواصل بین بوته‌ای ۱۲ سانتی‌متر با تراکم ۱۱ بوته در مترمربع انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول چهار متر با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به خاک افزوده شد. یک سوم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) از کود نیتروژن (از منبع اوره) قبل از کاشت، یک سوم (۵۰ کیلوگرم) در زمان ۶ تا ۸ برگی (سرک اول) و یک سوم (۵۰ کیلوگرم) باقیمانده نیز در زمان غنچه‌دهی (سرک دوم) به خاک داده شد. تا مرحله هشت برگی (آبیاری سوم)، آبیاری‌ها بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک در عمق توسعه مؤثر ریشه (صفر تا ۴۰ سانتی‌متر) برای کلیه تیمارها انجام و پس از آن تیمارهای آبیاری اعمال شدند. به‌منظور تعیین درصد رطوبت خاک و زمان دقیق آبیاری در تیمارهای کم‌آبیاری، بلافاصله پس از آبیاری، به‌صورت روزانه و متوالی و با استفاده از مته خاکشناسی (آگر) از خاک، نمونه‌برداری شده و پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات صفی‌آباد، وزن تر و خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۱ رطوبت وزنی آنها تعیین شد.

(رابطه ۱)

$$\text{رطوبت خاک (درصد)} = \frac{\text{وزن خشک نمونه خاک} - \text{وزن تر نمونه خاک}}{\text{وزن خشک نمونه خاک}} \times 100$$

پس از مشخص شدن درصد رطوبت وزنی خاک (جدول ۴)، درصد رطوبت حجمی از حاصل‌ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک (جدول ۱) محاسبه و سپس با استفاده از رابطه ۲، درصد آب قابل استفاده خاک (D) تعیین شد (Martin *et al*., 1990):

(رابطه ۲) $D(\%) = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\frac{FCi-\theta i}{FCi-Wp} \times 100$

n: تعداد نمونه خاک از عمق مؤثر توسعه ریشه، FCi: رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه در نمونه iام، θi: رطوبت خاک در نمونه iام و Wp: رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم هستند. درصد تخلیه آب قابل استفاده نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Vanclooster *et al*., 1994).

(رابطه ۳) D – ۱۰۰ = تخلیه آب قابل استفاده (درصد)

زمان آبیاری در هر کرت آزمایشی هنگامی بود که رطوبت حجمی خاک در تیمارهای ۵۰ درصد (شاهد) و کم‌آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد، به‌ترتیب به ۲۵/۴، ۲۲/۴ و ۱۹/۴ درصد رسید.

برداشت محصول بر اساس زمان رسیدگی دانه‌ها در تیمارهای آبیاری طی ۲۵ روز از تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۶ (برای تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد) و ۱۳۹۹/۰۴/۱۹ (برای تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد) تا تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۲۹ (برای تیمار شاهد) از ردیف وسط هر کرت با حذف دو بوته از ابتدا و انتها (معادل ۲/۶۵۰ مترمربع با تراکم ۱۱ بوته در مترمربع) زمانی که پشت طبق‌ها در ۹۰ درصد از بوته‌ها به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای تبدیل و رطوبت دانه‌ها به ۳۰ درصد رسید، انجام شد. محصول دانه هر کرت بعد از بوجاری، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (رطوبت ۱۳ تا ۱۴ درصد) در آون خشکانده شده و سپس با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه هر کرت محاسبه و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، دو نمونه تصادفی ۵۰۰ عددی دانه از محصول دانه هر کرت با استفاده از دستگاه بذرشمار شمارش شده و پس از خشکاندن در آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (تا رسیدن به‌وزن ثابت)، توزین شدند. محتوای نیتروژن دانه‌ها با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۴، محتوای پروتئین دانه محاسبه شد (Carrubba *et al*., 2008).

(رابطه ۴) ۶/۲۵ × نیتروژن دانه = پروتئین دانه (درصد)

اندازه‌گیری روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله (2050, FOSS, Denmark) و حلال غیرقطبی هگزان با روش استخراج پیوسته انجام شد (Sezen *et al*., 2011). عملکرد روغن از حاصل‌ضرب میزان روغن در عملکرد دانه به‌دست آمد. شاخص برداشت براساس نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی محاسبه شد. برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Acme 6000, Trade, USA) استفاده شد (Cert *et al*., 2000). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فیشر (LSD Fisher test) در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه، محتوای روغن دانه و عملکرد روغن و اثر تیمارهای آبیاری بر میزان پروتئین دانه، میزان اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک و اثر رقم بر میزان اسید لینولئیک و اسید اولئیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و اثر تیمارهای آبیاری بر میزان اسید لینولئیک و شاخص برداشت و اثر رقم بر میزان اسید استئاریک و برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم بر عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

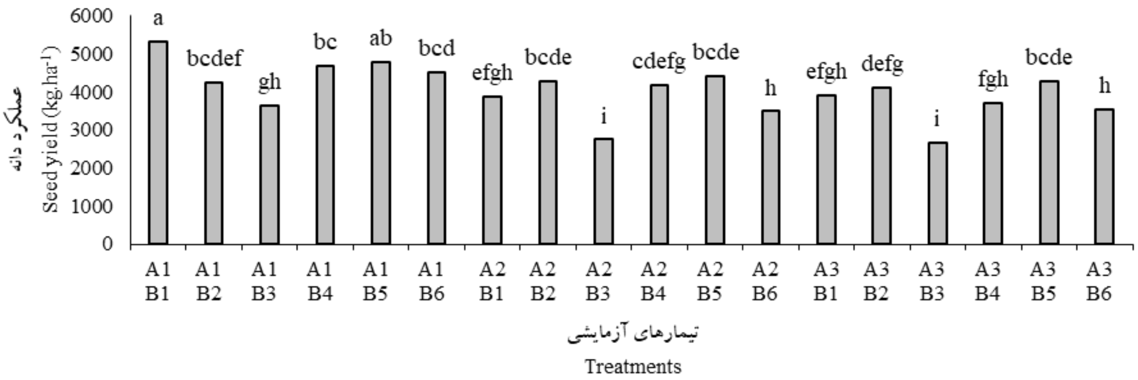
نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم نشان داد که تیمارهای کم‌آبیاری نسبت به تیمار شاهد، باعث کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد دانه ارقام آفتابگردان شد، به‌طوری‌که رقم اسکار در تیمار شاهد با میانگین عملکرد دانه ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد با میانگین عملکرد

جدول ۴- رطوبت وزنی خاک در عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری قبل از هر نوبت آبیاری

Table 4. Soil moisture content of soil at 0-40 cm of the soil depth before irrigation turns

| تیمارهای آبیاری<br>Irrigation treatments | | Irrigation turns نوبت‌های آبیاری 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد)<br>Full irrigation (50%; Control) | تاریخ آبیاری<br>Irrigation date | ۱۳۹۹/۱/۲۶<br>2020.04.14 | ۱۳۹۹/۲/۵<br>2020.04.24 | ۱۳۹۹/۲/۱۴<br>2020.05.03 | ۱۳۹۹/۲/۲۳<br>2020.05.12 | ۱۳۹۹/۳/۱<br>2020.05.21 | ۱۳۹۹/۳/۱۰<br>2020.05.30 | ۱۳۹۹/۳/۱۸<br>2020.06.07 |
| | رطوبت وزنی خاک<br>Soil moisture content (%) | 15.77 | 15.76 | 15.8 | 15.81 | 15.79 | 15.81 | 15.85 |
| کم‌آبیاری (۷۰ درصد)<br>Deficit irrigation (70%) | تاریخ آبیاری<br>Irrigation date | ۱۳۹۹/۱/۳۱<br>2020.04.19 | ۱۳۹۹/۲/۱۴<br>2020.05.03 | ۱۳۹۹/۲/۲۸<br>2020.05.17 | ۱۳۹۹/۳/۱۰<br>2020.05.30 | | | |
| | رطوبت وزنی خاک<br>Soil moisture content (%) | 13.99 | 13.97 | 13.95 | 13.95 | | | |
| کم‌آبیاری (۹۰ درصد)<br>Deficit irrigation (90%) | تاریخ آبیاری<br>Irrigation date | ۱۳۹۹/۲/۱۴<br>2020.05.03 | ۱۳۹۹/۳/۱<br>202.05.21 | ۱۳۹۹/۳/۱۸<br>2020.06.07 | | | | |
| | رطوبت وزنی خاک<br>Soil moisture content (%) | 12.01 | 12.09 | 12.03 | | | | |

دانه ۲۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (شکل ۱). نتایج مشابهی در میزان کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در اثر کاهش اجزای عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی در مراحل زایشی توسط توتسکی و لیاخ (Totsky and Lyakh, 2015) گزارش شده است. تیمار کم‌آبیاری در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی، تأثیر منفی بیشتری بر اندام‌های زایشی داشته و کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب را می‌توان با کاهش وزن هزار دانه مرتبط دانست. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد مربوط به رقم لاباد (به‌ترتیب ۴۴۱۰ و ۴۲۸[illegible] کیلوگرم در هکتار) بود. ارقام آفتابگردان در تیمارهای کم‌آبیاری ۷۰ و ۹۰ درصد، واکنش‌های متفاوتی از لحاظ عملکرد دانه داشتند، به‌طوری که رقم اسکار با میانگین کاهش ۲۶/۹ درصدی (با دامنه ۲۶/۵ تا ۲۷/۳ درصد) و رقم فلیکس با میانگین ۳/۲۸ درصد کاهش، به‌ترتیب بیشترین و کمترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به تیمار آبیاری کامل داشتند. گزارش شده است که تنش کمبود آب در مرحله گل‌دهی با کاهش دادن اجزای عملکرد، باعث کاهش بیش از ۵۰ درصدی عملکرد دانه شد (Maghsoudi *et al.*, 2019). به‌نظر می‌رسد که افزایش فواصل آبیاری و تأخیر در آبیاری باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره زایشی، کاهش تولید بذر، کاهش انتقال مواد پرورده برای پر شدن دانه‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌شود. کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط کمبود آب به کاهش قطر طبق، کاهش تعداد دانه‌ها، کاهش وزن دانه‌ها و افزایش میزان پوکی دانه‌ها نسبت داده شده است ([illegible]an *et al.*, 2020). گزارش شده است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان وجود دارد (Sezen *et al.*, 2011).




شکل ۱ – مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Fig. 1. Mean comparison of seed yield of sunflower cultivars in interaction of irrigation and cultivar treatments

$A_1$: آبیاری کامل (شاهد)، $A_2$: کم‌آبیاری ۷۰ درصد، $A_3$: کم‌آبیاری ۹۰ درصد

$B_1$: اسکار، $B_2$: فلیکس، $B_3$: ای‌اس شکیرا، $B_4$: ای‌اس ساوانا، $B_5$: لاباد، $B_6$: مونالیزا

$A_1$; Full irrigation (Control), $A_2$; Deficit irrigation (70%), $A_3$: Deficit irrigation (90%)

$B_1$; Oscar, $B_2$; Felix, $B_3$; Shakira, $B_4$; Savana, $B_5$; Labad, $B_6$; Monaliza

بعد از مقایسه میانگین‌ها، به‌منظور تفسیر صحیح و واقعی‌تر نتایج مربوط به عملکرد دانه، برش‌دهی برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم انجام شد. نتایج برش‌دهی نشان داد که بین ارقام آفتابگردان از نظر عملکرد دانه در هر یک از سطوح تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

وجود داشت. نتایج برش‌دهی نشان داد که رقم اسکار با میانگین عملکرد دانه ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با میانگین عملکرد دانه ۳۶۳۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در تیمار آبیاری کامل داشتند (جدول ۵). در تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد نیز ارقام فلیکس و لاباد به‌ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۴۲۸۰ و ۴۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم شکیرا با میانگین عملکرد دانه ۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد نیز رقم لاباد با میانگین عملکرد دانه ۴۲۸۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با میانگین عملکرد دانه ۲۶۷۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۵). با توجه به نتایج، بیشترین عملکرد دانه در آزمایش حاضر مربوط به رقم اسکار بود که این موضوع نشان ظرفیت دانه‌بندی مناسب رقم اسکار (رقم شاهد منطقه) در شرایط آبیاری کامل (شاهد) بود. رقم شکیرا نیز در هر سه سطح تیمار آبیاری، کمترین عملکرد دانه را داشت و به‌نظر می‌رسد که این رقم در بین ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی کمترین سازگاری را با شرایط آب و هوایی شهرستان دزفول و مناطق مشابه دارد.

جدول ۵ – مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در برش‌دهی برهمکنش تیمارهای آبیاری و رقم

Table 5. Mean comparison of seed yield of sunflower cultivars in slicing the interaction of irrigation and cultivar treatments

| تیمارهای آبیاری<br>Irrigation treatments | Sunflower cultivars | ارقام آفتابگردان | عملکرد دانه<br>Seed yield (kg.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد)<br>Full irrigation (50%; Control) | Oscar | اسکار | 5340a |
| | Felix | فلیکس | 4260b |
| | Shakira | شکیرا | 3630c |
| | Savana | ساوانا | 4690b |
| | Labad | لاباد | 4800ab |
| | Monaliza | مونالیزا | 4520b |
| | | LSD | 590 |
| کم‌آبیاری (۷۰ درصد)<br>Deficit irrigation (70%) | Oscar | اسکار | 3880ab |
| | Felix | فلیکس | 4280a |
| | Shakira | شکیرا | 2750c |
| | Savana | ساوانا | 4170ab |
| | Labad | لاباد | 4410a |
| | Monaliza | مونالیزا | 3490bc |
| | | LSD | 760 |
| کم‌آبیاری (۹۰ درصد)<br>Deficit irrigation (90%) | Oscar | اسکار | 3920abc |
| | Felix | فلیکس | 4120ab |
| | Shakira | شکیرا | 2670d |
| | Savana | ساوانا | 3700bc |
| | Labad | لاباد | 4280a |
| | Monaliza | مونالیزا | 3540c |
| | | LSD | 500 |

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتایج نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۴۶/۶ گرم و کمترین مقدار آن در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد، با ۳۶ درصد کاهش و میانگین ۲۹/۹ گرم به‌دست آمد (جدول ۶). کاهش وزن

هزاردانه آفتابگردان در شرایط کم‌آبی نسبت به آبیاری کامل در نتایج برخی از پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Kaya and Kolsarici, 2011). وزن هزار دانه تابعی از سرعت و طول دوره پرشدن دانه بوده و از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای گیاه تامین می‌شود. در شرایط کم‌آبی، به‌دلیل کوتاه شدن طول دوره رشد، کربوهیدرات‌های کمتری در گیاه ذخیره می‌شود و با توجه به کاهش دوام سطح برگ در چنین شرایطی، طول دوره پر شدن دانه و در نهایت وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Hamzei *et al.*, 2017; Safavi, 2020). اثر تنش خشکی (آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به حدی شدید است که با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه و دمبرگ‌ها نیز کاهش فتوسنتز جاری در اثر کمبود رطوبت خاک جبران نمی‌شود (Ataei Kachouei *et al.*, 2010). نتایج نشان داد که رقم لاباد با میانگین ۴۵/۵ گرم و رقم شکیرا با میانگین ۳۳/۸ گرم، به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۶). با توجه به شرایط آب و هوایی به نظر می‌رسد که توانایی‌های ارقام آفتابگردان در دوام بیشتر سطح برگ یا استفاده از مواد ذخیره‌ای و سرعت بالاتر فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، باعث تفاوت در وزن هزار دانه ارقام مورد آزمایش شده است. این موضوع را می‌توان به ویژگی‌های ژنتیکی و باروری بیشتر گل‌ها و تجمع بیشتر مواد پرورده در دانه‌های ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی نسبت داد.

نتایج نشان داد که تیمارهای کم‌آبیاری باعث ۲۴ درصد کاهش در محتوای روغن دانه ارقام آفتابگردان شد. کمترین میزان روغن دانه با میانگین ۲۶/۶ درصد در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد و بیشترین میزان روغن دانه با میانگین ۳۴/۸ درصد در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد (جدول ۶). میزان روغن دانه در شرایط کم‌آبی در اثر تسریع در رسیدگی دانه‌ها جهت فرار گیاه از خشکی، کاهش می‌یابد، زیرا ابتدا کربوهیدرات‌ها در دانه تجمع می‌یابند و سپس به روغن و یا سایر ترکیبات تبدیل می‌شوند، بنابراین با افزایش طول دوره پر شدن دانه، میزان روغن نیز افزایش خواهد یافت. گزارش شده است که تسریع در رسیدگی دانه‌ها باعث کاهش مدت سنتز روغن شده و محتوای روغن دانه کاهش خواهد یافت (Tahramooz and Ghalavand, 2018). ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی به‌دلیل ویژگی‌های خاص و متفاوت، از نظر میزان روغن دانه ۳۲ درصد تفاوت داشتند. رقم اسکار با میانگین ۳۶ درصد و رقم لاباد با میانگین ۲۴/۵ درصد، به‌ترتیب بیشترین و کمترین محتوای روغن دانه را داشتند (جدول ۷). اختلاف معنی‌دار در محتوای روغن دانه ارقام آفتابگردان در برخی پژوهش‌های هم‌راستا نیز گزارش شده است (Alahdadi *et al*, 2011). به‌نظر می‌رسد که در ارقام آفتابگردان، ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم و واکنش متفاوت آنها به تیمارهای آبیاری باعث تفاوت در میزان روغن دانه‌ها شده باشد.

نتایج نشان داد که تیمارهای کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد روغن در ارقام آفتابگردان شد. این کاهش در تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد نسبت به آبیاری کامل ۳۰ درصد و در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد، ۳۷ درصد بود. در بین تیمارهای آبیاری، کم‌آبیاری ۹۰ درصد با میانگین ۹۹۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۵۸۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۶). گزارش شده است که در دسترس بودن آب باعث افزایش سنتز لیپیدهای دانه شده و عملکرد روغن آفتابگردان را افزایش می‌دهد (Anastasi *et al.*, 2010). به‌نظر می‌رسد که کاهش عملکرد روغن ارقام آفتابگردان در تیمار کم‌آبیاری شدید در اثر کاهش ظرفیت دانه‌ها برای تجمع روغن و کاهش میزان روغن دانه‌ها و همچنین کاهش

عملکرد دانه است (Arab *et al.*, 2018). کاهش عملکرد روغن آفتابگردان در شرایط کمبود آب در نتایج تحقیقات مشابه نیز گزارش شده است (Mehrpouyan *et al.*, 2010). ارقام آفتابگردان مورد ارزیابی با توجه به ماهیت ژنتیکی و واکنش به شرایط محیطی، ظرفیت عملکرد دانه و محتوای روغن دانه‌ها، از لحاظ عمکرد روغن۴۴ درصد تفاوت داشتند. رقم اسکار با میانگین ۱۶۱۰ کیلوگرم در هکتار و رقم شکیرا با میانگین ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۶). با توجه به وابستگی عملکرد روغن آفتابگردان به عملکرد دانه، منطقی است که ارقامی که عملکرد دانه بالاتری دارند، عملکرد روغن بیشتری هم داشته باشند.

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳۰/۷ درصد و در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد، با کاهش ۱۱ درصدی، به کمترین مقدار با میانگین ۲۷/۴ درصد رسید (جدول ۶). با وقوع تنش خشکی، تخصیص مواد فتوسنتزی گیاه به بخش زایشی (دانه‌ها) در مقایسه با شرایط بدون تنش کمتر می‌شود (Abbasi Syhejani *et al.*, 2012). این احتمال نیز وجود دارد که وقوع تنش خشکی در مرحله گل‌دهی آفتابگردان، باعث عقیمی دانه‌های گرده یا سقط جنین و متعاقب آن، باعث کاهش شاخص برداشت شده باشد. در پژوهش‌های تعدادی از محققان (Allaf and Shokoohfar, 2015; Soleymani *et al.*, 2016) نیز کاهش شاخص برداشت آفتابگردان در اثر کمبود آب گزارش شده است. در آزمایش حاضر در بین ارقام آفتابگردان نیز با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی آنها، رقم لاباد با میانگین ۳۳/۶ درصد و رقم شکیرا با میانگین ۲۴/۱ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند (جدول ۶). احتمال دارد که تفاوت در میزان فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه و همچنین قدرت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌ای در ارقام آفتابگردان، باعث تفاوت در مقدار شاخص برداشت آن‌ها در آزمایش حاضر بوده باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Table 6. Mean comparison of plant traits of sunflower cultivars in irrigation treatments

| تیمارهای آبیاری<br>Irrigation treatments | | وزن هزاردانه<br>1000 seed weight (g) | روغن دانه<br>Seed oil content (%) | عملکرد روغن<br>Oil yield (kg.ha$^{-1}$) | شاخص برداشت<br>Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد)<br>Full irrigation (50%; Control) | | 46.6a | 34.8a | 1580a | 30.7a |
| کم‌آبیاری (۷۰ درصد)<br>Deficit irrigation (70%) | | 36.8b | 29.0b | 1110b | 27.5b |
| کم‌آبیاری (۹۰ درصد)<br>Deficit irrigation (90%) | | 29.9c | 26.6b | 990b | 27.4b |
| LSD | | 4.9 | 4.2 | 180 | 2.1 |
| ارقام آفتابگردان<br>Sunflower cultivars | | | | | |
| Oscar | اسکار | 34.2c | 36.0a | 1610a | 30.8ab |
| Felix | فلیکس | 35.2bc | 31.0b | 1300b | 26.9cd |
| Shakira | شکیرا | 33.8c | 29.0b | 900c | 24.1d |
| Savana | ساوانا | 38.8b | 30.4b | 1280b | 29.5bc |
| Labad | لاباد | 45.5a | 24.5c | 1120b | 33.6a |
| Monaliza | مونالیزا | 39.1b | 30.1b | 1160b | 26.3cd |
| LSD | | 4.3 | 3.7 | 180 | 3.7 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتایج ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب ارقام آفتابگردان با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی چهار نوع اسید چرب غالب شناسایی شدند که شامل دو اسید چرب اشباع اسید پالمیتیک ($C_{16}$:0) و اسید استئاریک ($C_{18}$:0)، یک اسید چرب تک غیراشباع اسید اولئیک ($C_{18}$:1;9) و یک اسید چرب چند غیراشباع اسید لینولئیک ($C_{18}$:2;9,12) بودند که مجموع آنها در تیمارهای آبیاری کامل، کم‌آبیاری ۷۰ درصد و کم‌آبیاری ۹۰ درصد به‌ترتیب ۹۶/۶، ۹۳/۲ و ۹۱/۷ درصد بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان اسید پالمیتیک در تیمار آبیاری کامل ۶/۸۵ درصد بود و در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد با ۱۷/۶۶ درصد افزایش به ۸/۳۲ درصد رسید. میزان اسید استئاریک نیز با افزایش شدت کم‌آبیاری ۲۵ درصد افزایش یافت، به‌طوری‌که در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳/۳۷ درصد و تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد با میانگین ۴/۵۰ درصد، به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان اسید استئاریک به‌دست آمد. میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک نیز در تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۳۸/۳ و ۴۸/۱ درصد بود و مقدار آن‌ها با افزایش شدت کم‌آبیاری کاهش یافت، به‌طوری‌که در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد، میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک به‌ترتیب با ۱۱/۱۹ و ۶/۶۹ درصد کاهش، به ۳۴/۰ و ۴۴/۸ درصد رسید (جدول ۷). در تحقیقات هم‌راستا نیز نتایج مشابهی درباره ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه آفتابگردان گزارش شده است (Alahdadi *et al*., 2011). علت کاهش میزان اسید اولئیک می‌تواند مربوط به تغییر فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز این اسید چرب در اثر کم‌آبی باشد (Esmaeilian *et al*., 2012). در بین ارقام آفتابگردان مورد بررسی نیز با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی، بیش‌ترین میزان اسید استئاریک با میانگین ۴/۴۱ درصد، اسید اولئیک با میانگین ۴۲/۶ درصد، اسید لینولئیک با میانگین ۵۰/۰ درصد، به‌ترتیب در ارقام اسکار، ساوانا و فلیکس و کم‌ترین مقدار آن‌ها نیز با ۱۹/۲، ۲۵/۱ و ۲۶/۶ درصد کاهش، به‌ترتیب در ارقام مونالیزا، اسکار و ساوانا مشاهده شدند. چهار اسید چرب اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک، به‌عنوان اسیدهای چرب غالب روغن ارقام آفتابگردان با مجموع ۹۴/۰، ۹۴/۳، ۹۴/۴، ۹۱/۰، ۹۴/۷ و ۹۴/۶ درصد، به‌ترتیب در ارقام اسکار، فلیکس، شکیرا، ساوانا، لاباد و مونالیزا به‌دست آمدند (جدول ۷). اثر محیط و ژنتیک بر تغییر در ترکیب اسیدهای چرب روغن هیبریدهای آفتابگردان توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Van der Merwe, 2015).

نتایج نشان داد که تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری کامل باعث افزایش ۱۸ درصدی پروتئین دانه ارقام آفتابگردان شد. تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۶/۱ درصد و تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد با میانگین ۱۹/۷ درصد، به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان پروتئین دانه را داشتند. در نتایج سایر پژوهش‌ها نیز افزایش میزان پروتئین دانه آفتابگردان در تیمار کم‌آبیاری، در اثر کاهش طول دوره رشد و نمو، افزایش شدت تنفس، کاهش جذب عناصر غذایی و کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین، گزارش شده است (Hamzei *et al*., 2017). با افزایش شدت کم‌آبیاری در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد، میزان پروتئین دانه کاهش یافت (شکل ۲). گزارش شده است که در شرایط کمبود آب، فعال شدن سازوکارهایی باعث افزایش میزان پروتئین دانه ارقام آفتابگردان می‌شود، اما با تداوم کم‌آبی و شدت گرفتن آن، به‌تدریج تخریب برخی پروتئین‌ها آغاز شده و محتوای پروتئین موجود برای حفظ و تنظیم فشار اسمزی کاهش می‌یابد (Sadat Asilan, 2016). نتایج مشابهی درباره روند ذخیره پروتئین دانه آفتابگردان در شرایط کمبود متوسط و شدید آب گزارش شده است (Alahdadi *et al*., 2011).

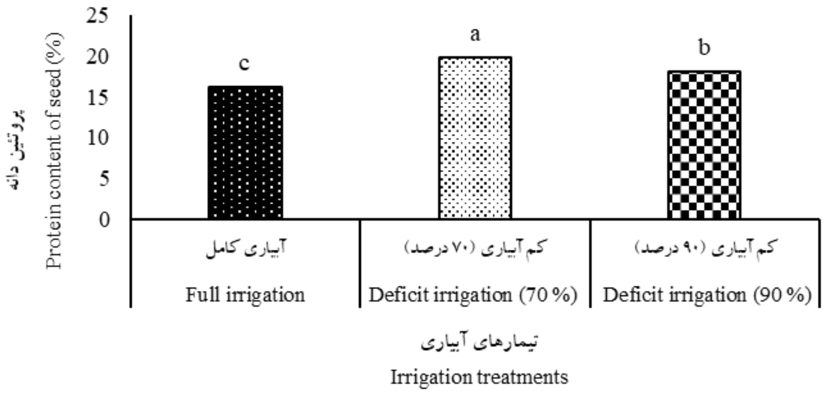
جدول ۷ - مقایسه میانگین ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Table 7. Mean comparison of fatty acids content of oil of sunflower cultivars in irrigation treatments

| تیمارهای آبیاری<br>Irrigation treatments | اسید پالمیتیک<br>Palmitic acid ($C_{16}$:0) (%) | اسید استئاریک<br>Stearic acid ($C_{18}$:0) (%) | اسید اولئیک<br>Oleic acid ($C_{18}$:1) (%) | اسید لینولئیک<br>Linoleic acid ($C_{18}$:2) (%) | مجموع اسیدهای چرب<br>Total fatty acids (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل (۵۰ درصد، شاهد)<br>Full irrigation (50%; Control) | 6.85b | 3.37b | 38.3a | 48.1a | 96.6 |
| کم‌آبیاری (۷۰ درصد)<br>Deficit irrigation (70%) | 7.71a | 3.98a | 35.4ab | 46.1ab | 93.2 |
| کم‌آبیاری (۹۰ درصد)<br>Deficit irrigation (90%) | 8.32a | 4.50a | 34.0b | 44.8b | 91.7 |
| LSD | 0.69 | 0.57 | 3.07 | 2.97 | - |
| ارقام آفتابگردان<br>Sunflower cultivars | | | | | |
| Oscar اسکار | 7.88a | 4.41a | 31.9d | 49.8a | 94.0 |
| Felix فلیکس | 7.46a | 3.70bc | 33.1cd | 50.0a | 94.3 |
| Shakira شکیرا | 7.73a | 3.83bc | 34.6bcd | 48.2ab | 94.4 |
| Savana ساوانا | 7.73a | 4.02abc | 42.6a | 36.7c | 91.0 |
| Labad لاباد | 7.68a | 4.20ab | 37.1b | 45.7b | 94.7 |
| Monaliza مونالیزا | 7.26a | 3.56c | 36.0bc | 47.7ab | 94.6 |
| LSD | 0.81 | 0.54 | 3.43 | 3.67 | - |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test




شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای پروتئین دانه ارقام آفتابگردان در تیمارهای آبیاری

Fig. 2. Mean comparison of protein content of seed of sunflower cultivars in irrigation treatments

## نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کم‌آبیاری باعث کاهش وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و در مقابل افزایش محتوای پروتئین دانه ارقام آفتابگردان نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. بالاترین مقدار عملکرد دانه به مقدار ۵۳۴۰ کیلوگرم در هکتار در رقم اسکار (شاهد متداول منطقه) در تیمار آبیاری کامل بدست آمد. رقم فلیکس با توجه به کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه در تیمار کم‌آبیاری ۹۰ درصد و رقم لاباد نیز با توجه به بیشترین مقدار عملکرد دانه در هر دو سطح کم‌آبیاری، ارقام برتر آزمایش حاضر بودند. بیشترین میزان اسیدهای چرب روغن دانه ارقام آفتابگردان شامل چهار اسید چرب اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک بود و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در تیمارهای کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، روند کاهشی داشتند. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد دانه ارقام آفتابگردان مورد آزمایش در تیمارهای کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل کاهش داشت و میزان این کاهش بسته به ماهیت رقم و تیمار کم‌آبی متفاوت بود. بر این اساس ارقام آفتابگردان فلیکس و لاباد با توجه به برتری عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبیاری، به‌عنوان ارقام مناسب برای شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش شناخته شدند.


## سپاسگزاری

بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز بابت تامین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد پژوهانه به شماره ۹۸/۳/۰۵/۱۴۹۰۹ بوده و نیز از مدیریت شرکت کشت و صنعت شهید رجایی دزفول و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، بابت همکاری و در اختیار قرار دادن امکانات اجرایی آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.


## منابع مورد استفاده

## References


**Abbasi Syhejani, E., Farhoush, F., Kazemi Arbat, H. and Khurshidi Benam, M.B. 2012.** Effect of drought stress on seed yield and some morpho - physiological traits of sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(2), pp.193-196. [In Persian]. doi: 10.22077/escs.2013.125

**Alahdadi, I., Oraki, H., and Parhizkar Khajani, F. 2011.** Investigation of the fatty acid compositions and

some chemical characteristics in sunflower hybrids under water deficit stress. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 8(28), pp.9-18. [In Persian]. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-6326-fa.html

**Allaf, M., and Shokoohfar, A. 2015.** Interaction deficit irrigation operations and nitrogen rates on the quantitative yield and oil percentage of sunflower Sanbura cultivar (*Helianthus annuus* L.). *Crop Physiology Journal*, 7(28), pp.61-72. [In Persian]. http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-590-fa.html

**Anastasi, U., Santonoceto, C., Giuffrè, A.M., Sortino, O., Gresta, F., and Abbate, V. 2010.** Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. *Field Crops Research*, 119(1), pp.145-153. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.001

**Andrianasolo, F.N., Debaeke, P., Champolivier, L., and Maury, P. 2016.** Analysis and modelling of the factors controlling seed oil concentration in sunflower: a review. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 23(2), pp.1-12. https://doi.org/10.1051/ocl/2016004

**Arab, R., Yadavi, A.R., Balochi, H.R., and Khadem Hamzeh, H.R. 2018.** The effect of irrigation interval and iron and zinc foliar application on some morpho-physiological characteristics and yield of sunflower. *Crop Production*, 11(2), pp.77-90. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2018.12696.2018

**Ataei Kachouei, M., Karimi, M., Majd Nasiri, B., Lotfifar, O., and Motaghi, S. 2010.** The investigating of limited irrigation effect on agronomic characteristics and yield of sunflower cultivars. *Journal Plant and Ecosystem*, 6(22), pp.89-110. [In Persian]. https://sid.ir/paper/145419/fa

**Carrubba, A., La Torre, R., Saiano, F., and Aiello, P. 2008.** Sustainable production of fennel and dill by intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), pp.247-256. https://doi.org/10.1051/agro:2007040

**Cert, A., Moreda, W., and Pérez-Camino, M.D.C. 2000.** Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision characteristics from a collaborative trial. *Grasas y Aceites*, 51(6), pp.447-456. https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i6.464

**Coriolano, A.C.F., Melo, P.M., Lima, A.J., dos Santos Medeiros, A.R., Gondim, A.D., Peixoto, C.G., and de Araujo, A.S. 2014.** Thermal and oxidation atsbility of sunflower methanolic biodiesel and blends of biodiesel/diesel. *Runpetro* – ISSN, 2316 – 6681, 2 (2), pp.39-44. https://www.academia.edu/100755808

**Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., and Langlade, N. 2017.** Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case - studies in Europe. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(1), pp.1-16. D 102. https://doi.org/10.1051/ocl/2016052

**Díaz, M.F., Sánchez, Y., Gómez, M., Hernández, F., Veloso, M.D.C., Pereira, P.D.P., Mangrich, A.S., and de Andrade, J.B. 2012.** Physicochemical characteristics of ozonated sunflower oils obtained by different procedures. *Grasas y Aceites*, 63(4), pp.466-474. https://doi.org/10.3989/gya.073212

**Esmaeilian, Y., Sirousmehr, A.R., Asghripour, M.R., and Amiri, E. 2012.** Comparison of sole and combined nutrient application on yield and biochemical composition of sunflower under water stress. *International*

*Journal of Applied Pharmaceutics*, 2, pp.214-220. https:// https://doi.org/water-soil.tabrizu.ac.ir/article_2815.html

**Ghaffari, M., Farrokhi, E., Rahmanpour, S., Daneshian, J., Nasserghadimi, F., and Yazdandoost, M. 2018.** Shams, new medium maturity sunflower hybrid adapted to spring cropping in temperate and cold regions and summer cropping in temperate regions of Iran. *Journal of Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2), pp.221-233. [In Persian]. doi: 10.22092/rac.2019.110790.1076

**Hamzei, J., Nejafi, H., and Babaei, M. 2017.** Effect of Irrigation and nitrogen on agronomic parameters, yield, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 14(4), pp.686-698. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v14i4.43336

**Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., Sabaghnia, N., and Abbasi, A. 2020.** Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30 (3), pp.87-111. [In Persian]. doi: sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_11435.html

**Kaya, M.D., and Kolsarici, Ö. 2011.** Water use features of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids irrigated at different growth stages. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(1), pp.1-5. https://doi.org/dergipark.org.tr/tr/pub/tarbitderg/issue/11501/136995

**Maghsoudi, B., Lak, Sh., Ghaffari, M., Alavi Fazel, M., and Sakinezhad, T. 2019.** Effect of agronomic traits and drought resistance indices on determination of susceptible and tolerant sunflower lines. *Agricultural Research Journal*, 11(4), pp.339-358. [In Persian]. doi: sanad.iau.ir/journal/behzeraee

**Martin, D.L., Stegman E.C., and Fereres E. 1990.** Irrigation scheduling principles. *In:* Management of Farm Irrigation Systems. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph. MI. USA. pp.155-203. http://iwmi.catalog.cgiar.org/dbtw-wpd/exec/dbtwpub.dll

**Mehrpouyan, M., Gulshan, A.N., and Sayfzadea, S. 2010.** Effect of irrigation stop at different growth stages on some agronomic traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under three plant densities in Takestan region, Iran. *Plant Ecophysiol*, 2, pp.137-144. [In Persian]. doi: www.magiran.com/paper/1040678

**Pekcan, V., Evci, G., Yilmaz, M.I., Nalcaiyi, A.S.B., Erdal, S.Ç., Cicek, N., Ekmekci, Y., and Kaya, Y. 2015.** Drought effects on yield traits of some sunflower inbred lines. *Agriculture and Forestry*, 61(4), pp.101-107. https://doi.org/10.17707/AgricultForest.61.4.10

**Qayyum, A., Khan, S.U., Khan, S.A., Mehmood, A., Bibi, Y., Sher, A., and Jenks, M. 2017.** Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids evaluation for oil quality and yield attributes under spring planting conditions of Haripur. *Pakistan. Planta Daninha*, 35, pp.1-6. https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100003

**Sadat Asilan, K. 2016.** Effect of water deficit stress on soluble sugars, proline, protein and chlorophyll content in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Iranian Journal of Filed Crop Science*, 47(2), pp.175-184. [In Persian]. doi: 10.22059/ijfcs.2016.58852

**Safavi, A., Pourdad, S.S., and Jamshid Moghaddam, M. 2011.** Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Seed and Plant Journal*, 27(2), pp.129-148. [In Persian]. doi: 10.22092/SPIJ.2017.111055

**Safavi, S.M. 2020.** Evaluation drought tolerance of sunflower inbred lines and synthetic cultivars at temperate climate of Kermanshah. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15(58), pp.11-27. [In Persian]. doi: sanad.iau.ir/en/Article/983539

**Sezen S.M., Yazar, A., Kapur, B., and Tekin, S. 2011.** Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 98(7), pp.1153-1161. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.02.005

**Soleymani, F., Ahmadvand, G., and Safari sanjani, A.A. 2016.** The Effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under the influence of water deficit stress. *Journal of Agroecology*, 8(1), pp.107-119. [In Persian]. https://www.sid.ir/paper/211101/en

**Tahramooz, A., and Ghalavand, A. 2018.** Reducing the effects of water stress using vermicompost and mineral zeolite in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Agroecology*, 10(1), pp.81-93. [In Persian]. doi: 10.22067/jag.v10i1.50765

**Totsky, I.V., and Lyakh, V.A. 2015.** Pollen selection for drought tolerance in sunflower. *Helia*, 38(63), pp.211-220. http://dx.doi.org/10.1515/helia-2015-0012

**Van der Merwe, R., Labuschagne, M.T., Herselman, L., and Hugo, A. 2015.** Effect of heat stress on seed yield components and oil composition in high-and mid-oleic sunflower hybrids. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(3), pp.121-128. https://doi.org/10.1080/02571862.2015.1018354

**Vanclooster, M., Gonzalez, C., Vanderborght, J., Mallants, D., and Diels, J. 1994.** An indirect calibration procedure for using TDR in solute transport studies. Special Issue, US Department of Interior Bureau of Mines, Washington DC. USA. pp.215-226.